

Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi
Seri: A, Sayı: 1, Yıl: 2007, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 134-145

AĞAÇLARDA BESİN MADDELERİNİN YENİDEN TAŞINMASI* OLAYI VE EKOLOJİK YÖNÜ

H. Barış TECİMEN*

Ender MAKİNECİ

İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlmi ve Ekoloji AD, 34473 Bahçeköy İSTANBUL
* btecimen@istanbul.edu.tr

ÖZET

Besin maddelerinin “yeniden taşınması” besin maddesi döngüsünün önemli bölümünü oluşturmaktan ve ekosistem incelemelerinde bu hususa da yer verilmesi gerektiğinden dolayı büyük bir öneme sahiptir. Yeniden taşınma, yetişme ortamının besin maddesi varlığı, ağaç türü ve besin maddelerinin kullanım özellikleri ile değişmektedir. Bu çalışma ile yeniden taşınma olayının gerçekleştiği ağaç organları, yeniden taşınmayı etkileyen etkenler, yeniden taşınma olayının değerlendirilmesinde göz önüne alınması gereken hususlar sunulmaya çalışılmıştır. Önemli oranda yapraklarda gerçekleşen bu olayın (a) iğne yapraklı ağaçlar ile yapraklı ağaçlar arasında farklı şiddetlerde meydana geldiği; (b) yeniden taşınma olayının diğer unsurlarla birlikte değerlendirilmesi gerektiği; (c) köklerde gerçekleşen yeniden taşınma olayının daha çok kurak alanlarda gerçekleştiği elde edilen somut sonuçlardır.

Anahtar Kelimeler: Yeniden taşınma olayı, Besin maddesi kullanım etkinliği, Azot, Beslenme

RETRANSLOCATION OF NUTRIENTS IN TREES AND ITS ECOLOGICAL CIRCUMSTANCE

ABSTRACT

Since “retranslocation” comprises a large portion of nutrient cycle and which also should be reconsidered in ecosystem investigations, it has a great importance. Retranslocation varies through nutrient wealth of a given site, tree species and nutrient use characteristics of trees. In this study an attempt was made to present the collection of researches on retranslocation, the tree organs where it occurs, the factors effective on retranslocation, and the additional components with which retranslocation should be appreciated together. As a conclusion; (a) there are significant differences between conifer and deciduous forest trees; (b) retranslocation should be evaluated in integrity with several alternative indices; (c) retranslocation in roots generally exists more in dry sites.

Keywords: Retranslocation, Nutrient use efficiency, Nitrogen, Nutrition

* “Yeniden Taşınma” terimi İngiliz dilindeki “retranslocation” kelimesine karşılık olarak kullanılmıştır.

1. GİRİŞ

Besin maddelerinin ağaçlarda yeniden taşınması olayı yaprakların yaşlanması ve besin maddelerinin korunumu ile yakından ilgilidir ve bitkilerin besin maddesince fakir yetiştirme ortamlarında hayatlarını devam ettirebilmeleri bakımından çok önemli bir mekanizmadır (Lin ve Wang, 2001). Ağaçların mineral besin maddesi tasarrufları hakkında bilgi edinilmesi; orman ağaçlarının yetiştirme ortamı stresine ilişkin tepkilerinin anlaşılabilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır (Mc Laughlin 1999'a atfen Meerts 2002). Pek çok bitki kuraklık gibi zor koşullara dayanmak veya yaprakların yaşlanmasına karşı direncini arttırmak amacıyla azotu korumak için çeşitli evrimleşmeler gerçekleştirmişlerdir (Smith 1997). Ağaçların kök, gövde ve yapraklarında bütün besin maddeleri aynı miktarda bulunmamakta ve zaman zaman bir organdan diğerine gönderilmektedir. Bitki yapısının büyümesi ile organlar arasındaki uzaklıklar artmakta ve bu mesafe arasında madde iletimi "iletim sistemi" ile olmaktadır. Bitkilerin kökleri tarafından topraktan alınan su ve suda erimiş madensel tuzlar iletim boruları ile üretim organlarına ve bitkilerin büyüyen kısımlarına gönderilirken diğer taraftan yapraklarda üretilen organik maddeler gövde, kök, yumru, rizom, soğan ve tohum gibi depo organlarına iletilir (Yentür 2003; Smith 1997). Madde alışverişi hücreden hücreye difüzyon ve ozmos ile olmasıyla birlikte su ve erimiş maddelerin büyük iletimi ksilem (odun boruları); fotosentez ürünleri ise floem (soymuk boruları) ile iletilir (Yentür 2003). Organik maddelerin floemin elekli borularındaki elekli hücre demetlerinde gerçekleşen düşey, ve öz ışını şeritlerinde gerçekleşen yatay iletimi organik maddelerin uzak taşınımı olarak tanımlanmaktadır (Selik 1963). Yeniden taşınma olayında besin maddelerinin gönderildiği en yaygın yeni alanlar yapraklar ve köklerdir (Smith 1997). Bu süreçlerin ötesinde, yaşlanma ile yaprakların dökülme yaşına gelince madde kaybını azaltmak için yapısında bulunan N, P, K'nın genç yapraklara aktarılması, ölü oduna katılmak üzere olan diri odunda bulunan yıllık halkalardaki N, P, K, Ca ve Mg'nin kendisinden sonra oluşan yıllık halkaya aktarılması besin maddelerinin bitkinin kullanımında kalmasına olanak vermektedir. Bu olay "besin maddelerinin kullanımı etkinliği" olarak adlandırılmaktadır (Meerts 2002).

2. AĞAÇLARIN ÇEŞİTLİ ORGANLARINDA BESİN MADDELERİNİN YENİDEN TAŞINMASI

Yaprakların yaşlanarak dökülmesi, ince köklerin ölmesi ve diri odundaki yıllık halkaların ölü oduna katılması ile bu organların işlev dışı kalarak yapılarındaki besin maddelerinin yararlanılamaz hâle gelmesi, yeniden taşınma olayının başlamasına neden olan en önemli etken olmalıdır. Ağaçlarda besin maddelerinin yeniden taşınması olayı ağacın çeşitli organlarında farklı şiddetlerde gerçekleşmektedir.

2.1. Yaprak Dökümü ve Besin Maddelerinin Yapraktan Yeniden Taşınması (YYT) Olayı

Yeni yaprak üretilmesi için gereken azotun 2/3'ünün yaşlanan veya dökülmek üzere olan yapraklardan temin edildiği tahmin edilmektedir (Smith 1997). Yaprak beslenmesi bakımından birincil besin maddesi kaynakları; yaşlanan yapraklardan gerçekleştirilen yeniden taşınma ve köklerle topraktan alınan besin maddeleridir (Piatek ve Allen 2000). YYT miktarları farklı yazarlar tarafından çeşitli formüllere göre hesaplanmış ve ortalama %10,3-67,7 N, %29,0-60,0 P ve %41,6-63,0 K'nın yeniden taşındığı tespit edilmiştir (Çizelge 1). Yaprakta yaşlanma süreci boyunca besin maddelerinin aktarılması ise şu sırayla olmaktadır: $N \approx P > K > Mg > Ca$ (Martin vd. 1998; Smith ve Shortle 1996'ya atfen Meerts 2002).

Çizelge 1. Bazı çalışmalardan derlenmiş Yapraktan Yeniden Taşınma (YYT) miktarları (%).

N	P	K	Ağaç Türü	Açıklama	Hesaplanma Formülü	Kaynak
52±3	43±4	51±4	-	-	(En Yük. Bes. Md.- En Düş. Bes. Md.) / En Yük. Bes. Md.	Chapin ve Kedrowski 1983
38.0	46.0		<i>Araucaria cunninghamii</i>	10 Yaşında	Tepe yapraklarındaki Bes. Md.-	Bubb vd. 1998
52.8	36.0			14 Yaşında	Ekim ayı boyunca dökülen yapraklarda ki Bes. Md.	
11.1	51.8			62 Yaşında		
37.1			<i>Fitzroya cupressoides</i>	İğne Yap. Orman	(%N yaprak-%N ölü örtü)/ %N yaprak x 100	Perez vd. 2003
10.3			<i>Drimys winteri</i>	Karışık Yap. Orman		
26.3			<i>Nothofagus nitida</i>	«		
37.3	31.5	43.5	<i>Dalbergia sissoo</i>	5 Yaşında	((Olgun Yp. Bes. Md. g/g) - (Yaşlı Yp.Bes. Md. g/g))/ ((Olgun Yp. Bes. Md. g/g) x 100	Lodhiyal ve Lodhiyal 2003
36.4	30.6	42.6		10 Yaşında		
34.8	29.0	41.6		15 Yaşında		
62.0			<i>Salix</i> klonları	En Yüksek 1 Yaşında	((Olgun Yp. Bes. Md. g/g) - (Yaşlı Yp.Bes. Md. g/g))/ ((Olgun Yp. Bes. Md. g/g) x 100	Weih ve Nordh 2002*
14.2				En Düşük 1 Yaşında		
40-50.0	60.0		<i>Salix dasclados</i> Wimm.	1 Yaşında		Von Fircks vd. 2001**
67.7	51.6	63.0	<i>Populus deltoides</i>	1 Yaşında	((Olgun Yp. Bes. Md. g/g) - (Yaşlı Yp.Bes. Md. g/g))/ ((Olgun Yp. Bes. Md. g/g) x 100	Lodhiyal ve Lodhiyal 1997
64.6	50.2	50.9		4 Yaşında		

* Bu kaynaktaki yeniden taşınma oranları bu formül kullanılarak yazarlar tarafından hesaplanmıştır.

** Bu kaynaktaki formül belirtmeden hesaplama yapılmıştır.

Floemde bazı mineraller hareketli, bazıları orta derecede hareketli ve bazıları da hareketsizdir) (Çizelge 2) (Andrews ve Siccama 1995. Kalsiyum ve diğer hareketsiz elementlerin floem ile taşınmaması bu elementlerin özellikle yaprakta devamlı olarak birikmesine ve potasyum ile fosfatlar gibi hareketli elementlerin aksine yaprak dökümünden önce diğer organlara (örneğin gövdeye) gönderilememesine neden olmaktadır. Kalsiyum ve diğer hareketsiz elementlerin herdem yeşil türlerde aşırı birikimi bu bitkilerin dokularını yenilemek için yaprak dökmelemlerini zorunlu kılan bir neden olabildiği düşünülmektedir. Yaprakların dökülme süresinin uzun veya kısa olmasının YYT üzerinde etkili olabildiği ilk olarak Del Arco vd. (1991) tarafından tanımlanmıştır. Bu itibarla yaprağını döken ve dökmeyen türlerde YYT oranları incelenmiş ve yaprağını dökmeyen iğne yapraklı türlerde yaprağını dökme süresinin belirsizliğinden dolayı azota karşı daha düşük bir alım isteğinin olduğu, yani yaprağın uzun süre ağacın üzerinde kalması ile azotun daha etkin kullanıldığı; dolayısıyla bu türlerin (%38,6 YYT) yaprağını döken türlerden (%45,6 YYT) daha düşük oranda YYT gerçekleştirdiği saptanmıştır (Del Arco vd. 1991).

2.2. Gövdede Besin Maddelerinin Yeniden Taşınması Olayı

Gövde odununda yapılan besin maddelerinin yeniden taşınmalarına ilişkin çalışmalarla, öz odun ve diri odun arasında madde geçişi olduğu ortaya konulmuştur. Özden kambiyuma doğru gidildikçe bazı besin maddeleri azalırken bazıları artmaktadır. İkincil bileşikler genel olarak öz odunda bulunmayı yeğlerken; nişasta, çözünebilen şeker bileşikler, aminoasitler ve mineral besin maddeleri gibi depo maddeleri yaşlanarak öz oduna katılan diri odun halkalarından ayrılarak bir önceki diri odun halkasında birikmektedirler (Bauber vd., 1985; Beadle vd., 1986; Colin-Belgrand vd., 1996; Hillis 1987; Merrill vd., 1966; Ziegler 1968'e atfen Meerts 2002). Bununla birlikte yaşlanan diri odundan genç diri odun halkasına aktarılan madde miktarı, yapraklardan gerçekleştirilen besin maddesi aktarımı miktarından daha düşüktür (Colin-Belgrand vd., 1996; Frey-Wyssling vd., 1965; Lambers vd., 1998'e atfen Meerts 2002). Öz odunu oluşturan yıllık halkalardaki besin maddeleri öz oduna katılmadan önce diri odun halkasında bulunup aktarılamayan besin maddelerinden oluşmaktadır. İğne yapraklılar ile geniş yapraklılarda yapılan çalışmalarda besin maddelerinin özodun/diri odun ortalama bulunuş oranları şu sırada artmaktadır: P<N<K<Mg≈Ca (Meerts 2002).

Çizelge: 2. Floemde mineral maddelerin hareketliliği (Andrews ve Siccama 1995).

Hareketli	Orta Derecede Hareketli	Hareketsiz
Potasyum	Demir	Lityum
Rubidyum	Mangan	Kalsiyum
Sezyum	Çinko	Stronsiyum
Sodyum	Bakır	Baryum
Magnezyum	Molibden	Bor
Fosfor		Kurşun
Kükürt		
Klor		

İğne yapraklı ağaçların odunlarında özellikle azot, potasyum ve magnezyum çarpıcı bir şekilde daha düşük miktarlarda bulunmuştur (Çizelge 3) (Meerts 2002; Andrews ve Siccama 1995). Bu doğrudan yetiştirme ortamı etkisini göstermektedir, keza; iğne yapraklı ağaçlar geniş yapraklı ağaçlara göre genellikle daha fakir yetiştirme ortamlarında yayılım göstermektedir (Aerts 1995; Lambers vd. 1998, Schlesinger 1997'ye atfen Meerts 2002). Besin maddelerinin yalnızca gövdenin bir kısmından diğer kısmına değil yaprak ve köklerden de gövdeye yeniden taşınması söz konusu olabilmektedir. Yapraktan yeniden taşınan azot ve fosfor gövde ve kök gibi bitkinin çok yıllık organlarında biriktirilmektedir (von Fircks vd., 2001).

Kalsiyum ve magnezyumun öz odun ve diri odunda bulunuş oranları geniş bir çeşitlilik arz etmektedir. Bazı yayınlarda özodundaki Ca ve Mg daha düşük miktarda bulunurken (Andrews ve Siccama 1995) bazılarında öz odunda daha fazla Ca ve Mg bulunduğu tespit edilmiştir (Meerts 2002). Genellikle öz odunda daha yüksek, diri odunda daha düşük miktarlarda Ca ve Mg bulunduğu bildirilirken; Meşe ve Okaliptüslerde yapılan çalışmalarda Ca ve Mg miktarları öz odunda diri odundakinden daha düşük miktarlarda bulunmuştur (Meerts 2002). Kongo'da 7 yaşındaki Okaliptüs ağaçlandırmalarında yapılan bir çalışmada, ağaçların yaşına bağlı olmaksızın yıllık halka ilk oluştuğunda bir sonraki yılın halkasına %80'in üzerinde azot ve %50'nin üzerinde potasyum yeniden taşınmaktadır (Laclau vd., 2004). Yeni odun üretimi için gerekli olan Ca'nın %80'i ve Mg'nin %78'inin diri odundan öz oduna katılan halkalardan yeniden taşınma ile karşılandığı da bildirilmiştir (Andrews ve Siccama 1995).

2.3. Köklerde Besin Maddelerinin Yeniden Taşınması Olayı

İnce kökler kara ekosistemlerindeki büyük bir besin maddesi üretici ve tüketici odakları olarak kabul edilmektedir (Gordon ve Jackson, 2000). Azotun yeniden taşınma ile köklere gönderilmesi, yaşlanmaya bağlı organ kaybıyla oluşacak madde kayıplarını önlemekte ve buna bağlı olarak kök gelişimi ile köklerin su alım gücü de artmış olmaktadır (Heckathorn ve DeLucia, 1994). Bitkilerin stres altında daha büyük kök:gövde oranı verme eğiliminde oldukları bildirilmiştir (Davidson 1969'a atfen Shaver ve Melillo, 1984).

Çizelge 3. Öz odunda ve diri odunda mineral besin maddelerinin bulunuş oranları (Meerts 2002).

Element	n	Öz Odun % Kuru Madde	Diri Odun % Kuru Madde	Öz Odun / Diri Odun Oranı
Geniş Yapraklılar				
N	47	0.117	0.174	0.67
P	50	0.005	0.013	0.38
K	59	0.087	0.127	0.69
Ca	66	0.154	0.157	0.98
Mg	51	0.037	0.032	1.16
İğne Yapraklılar				
N	9	0.080	0.103	0.77
P	14	0.002	0.009	0.22
K	21	0.080	0.077	1.03
Ca	26	0.097	0.090	1.07
Mg	25	0.019	0.014	1.35

Maki bitkilerinin aldıkları karbonun %30-40'ını kök yapılarını oluşturmak için, ve geri kalan büyük kısmını da gövde odunlarını oluşturmak için kullandıkları belirtilmiştir (Oechel ve Lawrence 1981'e atfen Mooney 1983). Bitkiler yeniden taşınma ile besin maddelerini köklere göndererek, köklerin hangi besin maddelerini alacağını yönlendirilebildiği düşünülmektedir (Smith 1997). Kaliforniya ve Şili makilerinin karbon alım şekillerinin birbirine benzediğini ancak bunu organlarına paylaştırma biçimlerinin farklı olduğu tespit edilmiştir (Oechel ve Lawrence 1981'e atfen Mooney 1983).

Köklerde yeniden taşınma olayının belirlenmesi için farklı yöntemler denenmektedir. Azotun yeniden taşınıp taşınmadığını araştırmak için Ca'nın azota göre daha durağan olmasına dayanarak canlı ve ölü köklerdeki Ca:N oranına bakılmış ve yeniden taşınmanın olmasıyla canlı köklerde ölü köklerden daha düşük bir Ca:N oranı tespit edilmiştir (ölü köklerde Ca:N oranı: 0,77; canlı köklerde Ca:N oranı: 0,45) (Gordon ve Jackson, 2000). Çapı 2mm'den küçük olan ince köklerde karbon hariç N, P, K, Ca ve Mg gibi makro besin maddelerinin hepsi 2-5 mm kalınlığındaki köklerden daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4).

İnce kök üretimi (İKÜ) (fine root production) yetişme ortamındaki besin maddesi döngüsünün önemli bir bileşeni olduğu için bunun miktarının bilinmesi ormandaki besin maddelerinin dolaşımının (karbon döngüsü gibi) aydınlatılmasını sağlayacaktır. İKÜ miktarının; ölü örtüye katılan madde miktarı (yaprak, dal vb.) ve toprak üstü net ilksel üretim (NİÜ) (net primary production) ile ilişkisi araştırılmış; ve her ikisi için de aralarında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir (Nadelhoffer ve Raich, 1992). Ayrıca köke yapılan toplam karbon aktarımının (=İKÜ için aktarılan karbon miktarı + canlı kök solunumu için harcanan karbon) yaklaşık 1/3'lük bir kısmı İKÜ için harcanmakta, geri kalan kısmı ise ince köklerin solunumu için gerekli enerjiyi elde etmede kullanılmaktadır (Nadelhoffer ve Raich, 1992). Kurakçıl C₄ çayır bitkileri tarafından sürgünlerden köklere aktarılan azotun çoğunlukla İKÜ için kullanıldığı tespit edilmiştir (Heckathorn ve DeLucia, 1994).

3. BESİN MADDELERİNİN YENİDEN TAŞINMASI OLAYI İLE İLGİLİ BAZI FORMÜLLER

Besin maddelerinin alınması ve kullanılması ile ilgili değerlendirmeler için çeşitli kıstas formüllerinden yararlanılmaktadır. Bunların en başında "Besin maddesi Kullanım Etkinliği" (BKE) (nutrient use efficiency) gelmektedir, ve buna bağlı olarak formüller de türetilmiş ve değerlendirilmiştir;

$$BKE = \frac{\text{Yıllık Net İlksel Üretim (kg)}}{\text{Bitkinin Besin Alımı (kg)}}$$

(Binkley vd., 1992)

$$BKE = \frac{\text{Bitki Canlı Kütlesi Miktarı (g)}}{\text{Bitkideki Toplam Besin Maddesi Miktarı (g)}}$$

(Shaver ve Melillo, 1984)

$$YTE = \frac{\text{Besin Mad (g)/Olgun Yap. Alanı (cm}^2\text{)} - \text{Besin (g)/Dökülecek Yap. Alanı (cm}^2\text{)}}{\text{Besin Mad. (g)/Dökülecek Yaprak Alanı (cm}^2\text{)}}$$

(Shaver ve Melillo, 1984) (YTE: Yeniden Taşınım Etkinliği –efficiency of nutrient recovery)

$$BAE = \frac{\text{Bitki Bünyesindeki Besinin Artış Miktarı (g)}}{\text{Toprakta Alınabilir Halde Bulunan Besin Miktarı (g)}}$$

(Shaver ve Melillo, 1984) (BAE: Besin Maddesi Alımı Etkinliği – efficiency of nutrient uptake)

Yukarıda formülleri gösterilen etkinlik kıstaslarına göre yapılan değerlendirmeler ile bitki bünyesindeki besin maddesi miktarının artmasıyla besin maddesi kullanım etkinliğinin ve besin maddesinin yeniden taşınması etkinliğinin (YTE), toprakta bulunan besin maddelerinin artması ile de besin maddesi alımı etkinliğinin (BAE) azaldığı saptanmıştır. Bu ise, toprakta besin maddesi miktarının artmasıyla bitkilerde besin maddesi azlığında karşılaşılan stres durumunun gelişmemesi ve besin maddelerini daha etkin veya diğer bir deyişle daha tasarruflu kullanmalarının söz konusu olmaması olarak açıklanabilir (Birk ve Vitousek 1986). Bunun yanı sıra; besin maddesi kullanımı etkinliğinin; topraktan alınan birim miktardaki besin maddesi ile en yüksek miktarda artım yapabilen türlerde daha iyi olduğu (Chapin 1980’e atfen Schlesinger vd. 1989) belirtilirken; Vitousek (1982)’ye atfen yapraklardan yeniden taşınım olayının daha yüksek yapılabildiği bitkilerde besin maddesi kullanım etkinliğinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Pérez vd. 2003).

Çizelge 4: Köklerde N, P, K, Ca ve Mg elementlerinin kuru madde miktarları (g/kg), Gordon ve Jackson 2000).

Besin Maddesi	Kök Durumu	Ø<2mm Kökler			2-5 mm Kökler			
		Ort.	SS*	n	Ort.	SS	n	P
N	Canlı	11.1	0.02	54	6.5	0.12	6	0.005**
	Ölü	11.5	0.08	13	-	-	-	0.41
	Toplam	11.4	0.04	96	7.2	0.07	12	<0.001***
P	Canlı	0.92	0.007	41	0.56	0.007	6	<0.001***
	Ölü	0.64	0.019	11	-	-	-	0.008--
	Toplam	0.82	0.005	80	0.50	0.006	12	<0.001***
K	Canlı	2.8	0.03	40	2.6	0.03	6	0.36
	Ölü	1.7	0.05	11	-	-	-	0.048**
	Toplam	2.6	0.06	79	2.6	0.03	12	0.45
Ca	Canlı	5.0	0.06	40	4.2	0.09	6	0.25
	Ölü	Yeterli veri elde edilememiştir						
	Toplam	4.8	0.05	73	4.8	0.10	12	0.50
Mg	Canlı	1.6	0.02	36	0.6	0.00	6	<0.001***
	Ölü	1.2	0.03	7	-	-	-	0.18
	Toplam	1.4	0.01	68	1.0	0.01	12	0.02*
C	Canlı	480.0	0.78	13	515.0	0.10	2	<0.001***

Not: Buradaki “Toplam” ifadesi ile canlı, ölü ve fark edilemeyenlerin köklerin toplamı kastedilmektedir. P değerleri <2mm ile 2-5 mm canlı kökleri; canlı ve ölü <2mm kökleri; ve <2mm ile 2-5 mm arasındaki köklere ait toplam değerleri karşılaştırmak içindir. *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001, n: Örnek Sayısı. (*): SS: Standart Sapma

Azotun yetiştirme ortamlarında büyümeyi en fazla denetleyen / belirleyen / kısıtlayan bir element olmasından dolayı, azotun ağaçlar tarafından kullanımı önem taşımaktadır (Heckathorn ve Delucia 1996'ya atfen Smith 1997; von Fircks vd. 2001). Zira azotun YYT ile aktarılması bitkilerin azotun kullanım etkinliğini birinci derecede arttıran süreç olarak düşünülmektedir (Del Arco vd. 1991).

Besin maddesi alımı etkinliği yüksek olan ağaçların ölü örtülerindeki C/N oranına bakıldığında bu ağaçların azotu daha az verdiklerinden dolayı daha yüksek bir C/N oranına sahip oldukları görülmektedir (Chapin 1980 ve Vitousek 1982 ve 1984'e atfen Pérez vd. 2003). Güney Şili'deki herdem yeşil yağmur ormanlarında yapılan çalışmada Pérez vd. (2003) ölü örtüdeki C/N oranına dayanarak azot kullanım etkinliğinin iğne yapraklı ağaçlarda (113,4) geniş yapraklı ağaçlardan (72,1) daha yüksek olduğunu ve taze yapraklarda yeniden taşınan azot miktarının da iğne yapraklılarda (%37,1) geniş yapraklılardakinden (%10,3) daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. İğne yapraklılara koştur olarak, herdem yeşil yapraklı türlerde de (yapraklı karışık ormanlar) yaprağını döken türlere göre daha yüksek bir azot kullanım oranına rastlanmaktadır (Lodhiyal ve Lodhiyal 2003). İğne yapraklı ve iğne yapraklı + kızılâğaç karışık ormanlarında yapılan bir çalışmada besin maddesi alımının artmasıyla besin maddesi kullanım etkinliğinin düştüğü belirlenmiştir (Binkley vd. 1992).

4. YENİDEN TAŞINMA OLAYININ YETİŞME ORTAMI KOŞULLARINA BAĞLI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Yetiştirme ortamı verimliliği ile ilgili olarak yapraktan yeniden taşınma olayı için kesin sonuçların elde edilmesi mümkün olamamıştır; ancak çeşitli araştırmalar birbirini destekleyen veya karşı tezler öne süren sonuçlar elde etmişlerdir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar; yetiştirme ortamında topraktan alınabilen su miktarının kısıtlayıcı etkisi gibi bir yetiştirme ortamı etkisinden dolayı, yaprakların besin maddesi içerikleri ile yetiştirme ortamı verimliliğinin; besin maddesi alımı etkinliği ile doğru orantılı bir ilişki içinde olmadığını göstermektedir (Heckathorn ve DeLucia 1994, Lodhiyal ve Lodhiyal 1997, Aerts 1996 ve Knops vd. 1997'ye atfen Pérez vd. 2003, Li ve Redmann 1992'ye atfen Smith 1997). Bununla birlikte; besin maddesince düşük yetiştirme ortamlarında ağaçların yüksek oranda yapraktan yeniden taşınım yaparak besin maddesi kullanımı etkinliğini arttırmalarının, ağaçların verimsiz alanlarda daha yüksek bir toleransla yaşayabilmelerini sağladığı düşünülmektedir (Schlesinger vd., 1989). Besin maddelerinin etkin kullanılmasının zorunlu olduğu yetiştirme ortamlarında, genellikle normal üretim için yeterli besin maddesi olmadığı (besin maddesi eksikliği) belirtilmektedir. Buna karşılık, besin maddelerinin etkin kullanılmasının zorunlu olmadığı yetiştirme ortamlarında ise, genellikle normal üretim için yeterli düzeyde besin maddesinin olduğu bildirilmiştir (Grubb 1977 ve Vitousek 1982'ye atfen Pérez vd. 2003). Buna koştur olarak; azotun kısıtlayıcı bir etken olmadığı yani bolca bulunduğu yetiştirme ortamlarında yapraktan yeniden taşınma miktarının da daha düşük olduğu belirlenmiştir (Bubb vd. 1998). Ölü örtüde ise azot veya fosforun düşük miktarlarda bulunmasının yaprakların dökülmeden önce bu besin maddelerinin yapraktan yeniden taşınmasından değil; yapraklarda mevcut azot ve fosforun zaten

düşük olmasından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmaktadır (Chapin ve Kedrowski 1983).

Toprakta alınabilir düzeyde bulunan azot veya diğer besin maddelerinin miktarı ile besin maddelerinin köklere aktarılması ve bunun miktarının bilinmesi yeniden taşınım olayı ile yetiştirme ortamı verimliliği arasındaki ilişkiye açıklık getirebilmektedir. Besin maddelerinin köklere aktarılması genellikle fakir yetiştirme ortamlarında gözlenmektedir. Fakat verimliliğin artması veya azalmasıyla ağaçların buna karşı tavrı değişikliği içine girip girmemeleri üzerine yapılan çalışmalarda bunun yetiştirme ortamından bağımsız olarak tercih edilen bir davranış biçimi olduğu da öne sürülmektedir (Chapin ve Kedrowski 1983). Hodges ve Gardiner (1992) meşede, gençlik çağında, yapraklarda üretilen karbonhidratın sürgünlere nazaran köklere daha fazla iletilildiğini belirtmişlerdir. Çayırılık gibi kurak yetiştirme ortamlarında kuraklıktan dolayı besin maddesi alımı düştüğü için YYT de düşmektedir. YYT'nin düşmesine rağmen bu tür yetiştirme ortamlarında besin maddelerinin yaprak ve sürgünlerden köklere aktarılması yapraklardan yangın, otlatma ve buharlaşma ile kaybedilecek besin maddesi açığının karşılanmasına yardımcı olmaktadır (Heckathorn ve DeLucia 1994).

Üretilen besin maddesinin köklere aktarılmasının topraktan alınabilir düzeydeki azotun miktarının artmasına bağlı olarak arttığı; ayrıca toprak altına gönderilen toplam “net ilksel üretim”in azotun artmasıyla azalmadığının tespit edilmesi (Nadelhoffer vd. 1985) önceki yargılara karşın ortaya konulan ilginç bir bulgu olmakla beraber; hem iğne yapraklı hem de yapraklı ağaçlarda yapılan bu çalışma ağaçların kalıtsal özelliklerinden gelen davranış biçimlerinin dışına çıkabilecekleri ihtimalinin doğmasına neden olabilir.

5. YENİDEN TAŞINMA OLAYININ BAKIM (KÜLTÜR İŞLEMLERİ) UYGULAMALARI YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Toprak işleme yapılan *Pinus taeda* ağaçlandırmalarında gübreleme işlemi ile yaprak üretiminde %26, ve azot ve fosforun kullanım düzeyinde %49'luk bir artış sağlanmıştır (Piatek ve Allen 2000). Dalların ve kesim artıklarının uzaklaştırılması işlemi azot ve fosforun da ortamdan fazlaca uzaklaştırılması anlamına geldiğinden ve buna bağlı olarak besin maddesi sürekliliğinin teminini de engellediği için önerilmemektedir (Blanco vd. 2005). *Picea mariana* fidanları 0 ve 200g N/ha'ya oranda, $^{15}\text{NH}_4$ ve $^{15}\text{NO}_3$ içeren kumlu saksılara dikilmiş ve 120 gün sonra besin maddesi katkısı yapılmayan saksıda %118'lik bir büyüme gözlenmiş ve fidan yapısında ileride artım yapabilmesi için azot birikimi olmamıştır. Azotça zengin saksıdaki fidanlarda, yeniden taşınan azot oranı %218, canlı kütle miktarı artışı %156 ve ileride kullanılmak üzere fidan yapısında tutulan azot miktarı %175 olmuştur (Salifu ve Timmer 2003). Buna bağlı olarak, faydalanılabilen azot miktarının arttırılmış olması büyümede %236, azot alımı miktarında %258 ve yeniden taşınan azot miktarında %23 artış sağlamıştır (Salifu ve Timmer 2003). Bu da gübrelemenin azot alımını ve azotun yeniden taşınmasını teşvik ettiğini onaylamış olmaktadır. Salifu ve Timmer (2003)'e göre yeniden taşınan azotun miktarı toprakta kullanılabilir hâlde bulunan azot miktarı ve örnekleme zamanıyla değişmekte; besin maddesince zenginleştirilmiş ortama getirilen genç fidanların

topraktaki azotu yüksek miktarda tüketmeleri bu bitkilerin iyi kök gelişimi yapmalarına dayandırılmaktadır (Salifu ve Timmer 2003).

Farklı Söğüt klonlarında yapılan çalışmada bitkiler yüksek ve düşük sulama - gübreleme işlemlerine tâbî tutulmuşlar ve toprakta biriken azot miktarının artmasıyla yapraklardan besin maddesi kaybının da arttığı yani YYT'nin düştüğü; bunun yanı sıra besin maddelerinin köklere tahsisinin de azaldığı tespit edilmiştir (Weih ve Nordh, 2002). İsveç'te farklı söğüt klonları arasında yapılan çalışmada dökülen yapraklarda en düşük azot içerikleri (yüksek YYT oranı) yüksek sulama – düşük gübreleme ile yüksek sulama – yüksek gübreleme uygulamalarından elde edilirken, dökülen yapraklarda en yüksek azot içeriklerinin (düşük YYT oranı) ekserî düşük sulama – yüksek gübreleme uygulamalarından elde edilmiştir (Weih ve Nordh 2002). Önceki çalışma noktasına çok yakın bir mevkide ve aynı türde yapılan çalışmada azot ve fosforun besin maddesi ilavesine bağlı kalmaksızın yapraklardan yeniden taşınmasına rağmen; potasyum ve kükürdün ise yalnızca besin maddesince düşük yetiştirme ortamında yapraktan yeniden taşınması, yetiştirme ortamı etkilerine karşı daha hassas olmasından kaynaklandığını göstermektedir (von Fircks vd. 2001).

6. SONUÇLAR

1. Odunda gerçekleşen yeniden taşınma olayı sonucu taşınan madde miktarı, yapraktan yeniden taşınma ile aktarılan miktardan daha düşüktür.

2. İğne yapraklı türlerin odunlarında ve ibrelerinde geniş yapraklılardakinden daha düşük miktarlarda besin maddesi bulunmaktadır. İğne yapraklı türlerin odunlarındaki besin maddesi miktarının düşük olması; iğne yapraklı türlerin genellikle yaşam alanı olarak daha fakir yetiştirme ortamlarında bulunmalarına dayandırılmaktadır.

3. İğne yapraklı ağaçlarda geniş yapraklı türlere göre ve yaprağını dökmeyen türlerde döken türlere nazaran daha yüksek oranda yeniden taşınma olduğu tespit edilmiştir.

4. Besin maddesince düşük yetiştirme ortamlarında ağaçların yüksek oranda yapraktan yeniden taşınım yaparak besin maddesi kullanımı etkinliğini arttırmalarının, ağaçların verimsiz alanlarda daha yüksek bir toleransla yaşayabilmelerini sağladığı düşünülmektedir.

5. Köklere besin maddesi tahsisinin yetiştirme ortamında besin maddesi arttıkça azaldığı hem doğal yetiştirme ortamlarında hem de denetimli alanlarda yapılan çalışmalarla belirlenmiştir.

6. Köklere gönderilen karbonun bir kısmı ince kök üretimi için harcanırken; bu miktardan daha fazlası canlı köklerin solunumu için harcanmaktadır.

7. Orman ekosisteminin besin maddesi sürekliliğinin sağlanması açısından, silvikültürel müdahaleler sonucu oluşan kesim artıklarının meşcere dışına çıkartılmadan toprak yüzeyinde bırakılması, besin maddesi ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Andrews, J. A., Siccama, T. G. 1995. Retranslocation of Calcium and magnesium at the hearthwood-sapwood boundary of Atlantic White Cedar. *Ecology*, 76 (2): 659-663.
- Binkley, D., Sollins, P., Bell, R., Sachs, D., Myrold, D., 1992. Biogeochemistry of Adjacent Conifer and Alder / Conifer Stands. *Ecology* 73: 2022 – 2033.
- Birk, E. M., Vitousek, P. M. 1986. Nitrogen Availability and Nitrogen Use Efficiency in Loblolly Pine Stands. *Ecology*, 67 (1): 69-79.
- Blanco, J. A., Zavala, M. A., Imbert, J. B., Castillo, F. J. 2005. Sustainability of Forest Management Practices: Evaluation Through A Simulation Model of Nutrient Cycling. *Forest Ecology and Management*, Article in Press.
- Bubb, K. A., Xu, Z. H., Simpson, J. A., Saffigna, P. G. 1998. Some Nutrient Dynamics Associated With Litter Decomposition in Hoop Pine Plantations of Southeast Queensland, Australia. *Forest Ecology and Management*, 110: 343-352.
- Chapin, F. S., III, Kedrowski, R. A. 1983. Seasonal Changes in Nitrogen and Phosphorus Fractions and Autumn Retranslocation in Evergreen and Deciduous Taiga Trees. *Ecology*, 64 (2): 376-391.
- Del Arco, J. M., Escudero, A., Garrido, M. V. 1991. Effects of Site Characteristics on Nitrogen Retranslocation From Senescing Leaves. *Ecology*, 72 (2): 701-708.
- Gordon, W. S., Jackson, R. B. 2000. Nutrient concentrations in fine roots. *Ecology*, 8: 275-280.
- Heckathorn, S. A., DeLucia, E. H. 1994. Drought-Induced Nitrogen Retranslocation In Perennial C₄ Grasses of Tallgrass Prairie. *Ecology*, 75 (7): 1877-1886.
- Hodges, J. D., Gardiner S. 1992. Ecology and Physiology of Oak Regeneration. *Oak Regeneration: Serious Problems, Practical Recommendations, Symposium Proceedings*, Knoxville, Tennessee, September 8-10, 1992. David L. Loftis and Charles E. McGee (Editors). Published by, Southeastern Forest Experiment Station, Asaheville, N.C.
- Laclau, J. P., Bouillet, J. P., Ranger, J., Joffre, R., Gouma, R., Saya, A. 2004. Dynamics of Nutrient Retranslocation in Stemwood of a Eucalyptus Clone in the Congo; Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests: Proceedings of Workshops in Congo July 2001 and China February 2003. CIFOR 2004.
- Lin, P., Wang, W. 2001. Changes in the leaf composition, leaf mass and leaf area during leaf senescence in three species of mangroves. *Ecological Engineering*, 16: 415-424.
- Lodhiyal, N., Lodhiyal, L. S. 1997a. Aspects of nutrient cycling and nutrient use pattern of Bhabar Shisam forests in central Himalaya, India. *Forest Ecology and Management*, 176: 237-252.
- Lodhiyal, N., Lodhiyal, L. S. 1997b. Nutrient Cycling and Nutrient Use Efficiency in Short Rotation, High Density Central Himalayan Tarai Poplar Plantations. *Annals of Botany*, 79: 517-527.
- Lodhiyal, N., Lodhiyal, L. S. 2003. Aspects of Nutrient Cycling and Nutrient Use Pattern of Bhabar Shisham Forest in Central Himalaya, India. *Forest Ecology and Management*, 176: 237-252.
- Meerts, P. 2002. Mineral Nutrient Concentrations In Sapwood and Heartwood: A Literature Review. *Ann. For. Sci.*, 59: 713-722.
- Mooney, H. A. 1983. Carbon-Gaining Capacity and allocation patterns o mediterranean-climate plants. Sayfa: 103-119 F. Editörler J. Kruger, D. T. Mitchell, and J. U. M. Jarvis, Mediterranean-type ecosystems. The role of nutrients. Springer-Verlag, Heidelberg, Almanya, ISBN: 3-54012158-7.
- Nadelhoffer, K. J., Raich, J. W. 1992. Fine Root Production Estimates and Belowground Carbon Allocation in Forest Ecosystems. *Ecology*, 73: 1139-1147.
- Nadelhoffer, K. J., Aber, J.D., Melillo, J.M., 1985. Fine Roots, Net Primary Production and Soil Nitrogen Availability: A New Hypothesis. *Ecology* 66: 1370 – 1390.

AĞAÇLARDA BESİN MADDELERİNİN YENİDEN TAŞINMASI OLAYI VE EKOLOJİK YÖNÜ

- Perez, A. C., Armesto, J. J., Torrealba, C., Carmona, M. R. 2003. Litterfall Dynamics and Nitrogen Use Efficiency In Two Evergreen Temperate Rainforests of Southern Chile. *Austral Ecology*, 28: 591-600.
- Piatek, K. B., Lee Allen, H. 2000. Site Preparation effects on foliar N and P use, retranslocation, and transfer to litter in 15-years old *Pinus taeda*. *Forest Ecology and Management*, 129: 143-152.
- Salifu, K. F., Timmer, V. R. 2003. Nitrogen Retranslocation Response of Young *Picea mariana* to Nitrogen-15 Supply. *SSSA Journal*, 67: 309-317.
- Schlesinger, W. H., DeLucia, E. H., Billings, W. D. 1989. Nutrient-Use Efficiency of Woody Plants on Contrasting Soils in the Western Great Basin, Nevada. *Ecology*, 70 (1): 105-113.
- Selik, M. 1963. Bitkilerde Organik Maddenin Uzak Transportu (Hubert Zeigler'den Çeviri). İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 13, Sayı 2, sayfa: 115-138.
- Shaver, G. R., Melillo, J. M. 1984. Nutrient Budgets of Marsh Plants: Efficiency Concepts and Relation to Availability. *Ecology*, 65 (5): 1491-1510.
- Smith, D. R. 1997. Retranslocation as a Mechanism in the Nitrogen Budgeting of Plants. *Horticultural Crops Plant Nutrition Series*, Editör: J. Benton Storey, Cilt VIII, 1997, Department of Horticultural Science Texas A&M University, College Station, TX 77843-2133
- von Fircks, Y., Ericsson, T., Sennerby-Forsse, L. 2001. Seasonal Variation of Macronutrients in Leaves, Stems and Roots of *Salix dasyclados* Wimm. Grown at Two Nutrient Levels. *Biomass and Energy*, 21: 321-334.
- Weih, M., Nordh., N.-E. 2002. Characterising Willows For Biomass and Phytoremediation: Growth, Nitrogen and Water Use of 14 Willow Clones Under Different Irrigation and Fertilisation Regimes. *Biomass and Bioenergy*, 23: 397-413.
- Yentür, S. 2003. Bitki Anatomisi. İ. Ü. Yayın No: 3808, Fen Fak. Yay. No: 227; İstanbul, ISBN: 975-404-351-5.